



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATUR PADA RUANG BAKAR BOILER
BERBAHAN BAKAR GAS LPG DI WORKSHOP
INSTRUMENTASI**

TANTOWI JAUHARI

NRP. 2414 031 064

Gunawan Nugroho, ST, MT, PhD

NIP. 19771127 200212 1 002

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI

DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TF 145565

DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM IN THE LPG GAS FUELED BOILER FURNACE IN WORKSHOP INSTRUMENTATION

**TANTOWI JAUHARI
NRP. 2414 031 064**

**Gunawan Nugroho, ST, MT, PhD
NIP. 19771127 200212 1 002**

***STUDY PROGRAM OF D3 INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
Faculty Of Vocation
Sepuluh November Institute of Technology
Surabaya 2017***

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATUR PADA RUANG BAKAR BOILER
BERBAHAN BAKAR GAS LPG DI *WORKSHOP*
INSTRUMENTASI**

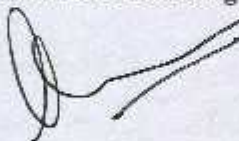
TUGAS AKHIR

Oleh :

Tantowi Jauhari
NRP. 2421 031 064

Surabaya, 27 Juli 2017
Mengetahui / Menyetujui


Dosen Pembimbing



Gunawan Nugroho, ST, MT, PhD
NIP. 19771127 200212 1 002

**Kepala Departemen Teknik
Instrumentasi ITS**




Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATUR PADA RUANG BAKAR BOILER
BERBAHAN BAKAR GAS LPG DI *WORKSHOP*
INSTRUMENTASI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada

Program Studi D3 Teknik Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Tantowi Jauhari

NRP. 2414 031 064

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Gunawan Nugroho, ST, MT, PhD..... (Pembimbing)
2. Dr. Ir. Purwadi Agus D. M.Sc..... (Ketua Tim Penguji)
3. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA..... (Penguji I)
4. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes..... (Penguji II)
5. Dr. Bambang Lelono W. ST, MT..... (Penguji III)
6. Herry Sufyan Hadi, ST, MT..... (Penguji IV)

**SURABAYA
JULI 2017**

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR PADA RUANG BAKAR BOILER BERBAHAN BAKAR GAS LPG DI WORKSHOP INSTRUMENTASI

Nama : Tantowi Jauhari
NRP : 2412031064
Jurusan : D3 Teknik Instrumentasi, ITS Surabaya
Pembimbing : Gunawan Nugroho, ST, MT, PhD

Abstrak

Telah dilakukan rancang bangun Sistem pengendalian temperatur pada ruang bakar boiler berbahan bakar LPG merupakan sistem yang digunakan untuk mengendalikan temperatur pada *boiler* agar stabil dengan merencanakan kontrol menggunakan Atmega16 sebagai kontrolernya. Dimana hasil pengukuran temperature ini dapat ditampilkan pada LCD. Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sistem pengendalian temperature pada ruang bakar *boiler* dengan sensor yang dipergunakan untuk mengukur variabel temperature adalah Thermocouple. Hasil pengukuran temperature ini akan diolah dengan menggunakan Atmega16 untuk menghasilkan *output* yang dapat mengindikasikan kondisi temperature pada boiler, sehingga ketika temperature pada ruang bakar boiler terpenuhi maka controller akan memerintahkan actuator untuk menutup penuh maka api di burner akan mengecil, temperatur pada ruang bakar ini akan mempengaruhi proses produksi selanjutnya. Dari data uji coba alat diketahui untuk mencapai *set point* memerlukan waktu 56 menit.

Kata kunci : *Burner*, pengendalian, temperatur

DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM IN THE LPG GAS FUELED BOILER FURNACE IN WORKSHOP INSTRUMENTATION

Name : *Tantowi Jauhari*

NRP : *2412031064*

Departement : *Diploma of Instrumentation Engineering, ITS
Surabaya*

Supervisor : *Gunawan Nugroho, ST, MT, PhD*

Abstract

Design has been done Temperature control system in combustion chamber of LPG-fueled boilers is a system used to control the temperature of the boiler to be stable by planning control using Atmega16 as the controller. Where the temperature measurement results can be displayed on the LCD. In this final project, the design of temperature control system in boiler combustion chamber with sensor used to measure temperature variable is Thermocouple. The result of this temperature measurement will be processed by using Atmega16 to produce an output that can indicate the condition of the temperature in the boiler, so that when the temperature of the boiler's combustion chamber is fulfilled then the controller will command the actuator to close completely then the fire in the burner will decrease, the temperature in the combustion chamber will affect The next production process. From the test data the tool is known to reach the set point takes 56 minutes.

Keywords : *Burner, Control, Temperature*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat dan kebesaran-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR PADA RUANG BAKAR BOILER BERBAHAN BAKAR GAS LPG DI WORKSHOP INSTRUMENTASI“ tepat pada waktunya.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir.Purwadi Agus Darwito,M.Sc selaku Kepala Departmen D3 Teknik Instrumentasi ITS yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada kami
2. Bapak Gunawan Nugroho, ST, MT, PhD selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, arahan dan saran yang membantu selama proses pengerjaan tugas akhir,
3. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, selaku Kepala Laboraturium Workshop Instrumentasi yang telah memberikan izin menggunakan lab workshop instrumentasi sebagai tempat pengerjaan tugas akhir kami.
4. Ibu tercinta yang telah memberikan segala dukungan baik moral maupun materil serta dukungan yang sangat luar biasa
5. Terimakasih kepada mbak dan mas yang telah mendukung, memberikan motivasi selama ini.
6. Terimakasih kepada BOILER PROJECT TEAM, Rizal, tirta, Fizal, Zulfa dan fajar yang bersama-sama berjuag dalam pengerjaan tugas akhir ini
7. Teman-teman tercinta Workshop Intrumentasi 2014 yang selalu senantiasa memberikan semangat dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.
8. Adik-adik kepengurusan Workshop Intrumentasi 2015 serta mas dan mbak yang berada di workshop instrumentasi yang telah membantu terlaksakannya tugas akhir.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh sebab itu, penulis sangat berterimakasih atas segala masukan, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar laporan ini menjadi lebih baik untuk di kemudian hari. Demikian laporan ini penulis buat, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 16 Juli 2017

Penulis

Tantowi Jauhari

NRP. 2412 031 064

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika laporan.....	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Boiler	6
2.2 Sistem Pengendalian	9
2.3 Sensor Termokopel.....	11
2.4 Mikrokontroller Atmega16.....	12
2.5 Bascom AVR.....	14
2.6 Selenoid Valve.....	14
2.7 Srvo Operating Valve	15
2.8 <i>Force Draft Fan</i>	16
2.9 LCD 16X2	16

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Perancangan Sistem	19
3.2 Perancangan Mekanik Alat.....	20
3.2.1 Boiler.....	21
3.2.1 Perancangan Sistem pengendalian Temperatur Furnace	25

3.5 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	30
BAB IV ANALISIS DATA DAN KESIMPULAN	
4.1 Pengujian Sensor Termokopel Tipe K.....	33
4.2 Pengujian Sistem Pengendalian Temperatur	37
4.3 Analisa Data	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Boiler	6
Gambar 2.2 Diagram Blok.....	10
Gambar 2.3 Max6675	11
Gambar 2.4 Ic Chip Atmega.....	12
Gambar 2.5 Pin-pin Atmega16.....	13
Gambar 2.6 Solenoid Valve.....	15
Gambar 2.7 SOV	15
Gambar 2.8 FD Fan	16
Gambar 2.9 LCD 16x2	16
Gambar 2.10 Pin-pin LCD 16X2.....	17
Gambar 3.1 <i>Flowchat</i> Pengerjaan Tugas Akhir.....	19
Gambar 3.2 Gambaran <i>Blok Flow Diagram</i> Boiler.....	21
Gambar 3.3 <i>piping and instrumentation Diagram</i> Boiler.....	22
Gambar 3.4 Rancang Bangun sistem pengendalian temperatur	23
Gambar 3.5 Diagram Blok pengendalian temperatur	25
Gambar 3.6 Diagram Blok Sensor.....	27
Gambar 3.7 Diagram Blok <i>servo operating valve</i>	27
Gambar 3.8 Konfigurasi <i>Schematic Wiring</i> Atmega 16	28
Gambar 3.9 <i>Schematic Wiring</i> Indikator LCD 16X2.....	29
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> program	30
Gambar 4.1 Boiler <i>Plant</i>	33
Gambar 4.2 Peletakan Sensor Termokopel K.....	34
Gambar 4.3 Kalibrasi Sensor Termokopel dengan TP22 ThermoPalm	35
Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Sensor.....	39
Gambar 4.5 Grafik Respon time dibanding waktu	40
Gambar 4.6 Grafik Respon Aktuator.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Uji Pembacaan Alat Ukur Standart dan alat uji.....	36
Tabel 4.2 Perhitungan Uji Alat.....	37
Tabel 4.3 Pengukuran mencapai SetPoint	38
Tabel 4.4 Respon Aktuator	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Boiler merupakan bagian penting didalam dunia industry. Uap panas yang dihasilkan boiler biasa digunakan untuk berbagai proses operasi. Secara umum boiler terdiri dari beberapa sistem, diantaranya adalah sistem *feed water* , sistem *steam* dan sistem pembakaran yang terintegrasi menjadi satu kesatuan. Ruang pembakaran adalah salah satu komponen penting pada boiler, yang berfungsi sebagai penampil panas yang diperoleh melalui proses pembakaran^[1]. Temperature *steam* pada ruang bakar sering sekali mengalami perubahan suhu, hal ini dikarenakan penggunaan bahan bakar yang berlebih sehingga sangat berpengaruh terhadap temperature *steam* tersebut^[2].

Pada penelitian sebelumnya temperature pada ruang bakar tidak dikontrol, kontrol temperature dilakukan pada *steam output* boiler, kontrol temperature pada *steam output* akan memerintahkan valve membuka penuh atau menutup penuh pada *burner* untuk menyalakan atau mematikan *burner* . sehingga temperature pada *steam* pada ruang bakar tidak dikontrol dan peletakan sensor termokopel diletakkan pada *steam outlet boiler* sehingga tidak dapat diketahui temperature pada ruang bakar mengalami kenaikan ataupun penurunan pada *steam* yang dihasilkan.

Oleh karena itu diperlukan suatu sistem kontrol temperature pada ruang bakar boiler, sehingga pada tugas akhir ini dibuat sistem kontrol temperature pada ruang bakar dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Temperatur Pada Ruang Bakar Boiler Berbahan Bakar LPG di Workshop Instrumentasi”, agar sesuai dengan yang dikehendaki pada *power plant* ini. Dari tugas akhir sebelumnya yang mengenai *power plant*, belum ditemukan adanya pengendalian temperature pada ruang bakar boiler, sehingga judul tugas akhir ini merupakan inovasi baru dan pengembangan dari *power plant* sebelumnya.

1.2 Rumusan Permasalahan

Pada pelaksanaan tugas akhir ini permasalahan yang diangkat adalah

1. Bagaimana merancang sistem pengendalian temperatur *Steam Output Boiler* berbahan bakar LPG pada *Power Plant* agar temperatur pada *boiler* stabil dengan merencanakan kontrol menggunakan *microcontroller ATmega16* sebagai kontrolernya
2. Bagaimana prosedur dan metode pengendalian suhu pada ruang bakar boiler ?

1.3 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahan dari sistem yang dirancang ini adalah

1. Fokus tugas akhir ini membahas tentang sistem pengendalian temperatur ruang *Boiler* berbahan bakar *LPG* Dan pada *power plant*
2. Direncanakan *microcontroller ATmega 16* sebagai kontroler pada temperatur *boiler*.
3. Direncanakan menggunakan sensor *thermocouple* sebagai sensor temperatur dari *boiler*

1.4 Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah

1. merancang sistem pengendalian terhadap variabel proses *pressure steam output boiler* pada *power plant* di Workshop Instrumentasi
2. mengetahui prosedur serta metode pengendalian temperature pada ruang bakar boiler

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini yaitu :

1. Tugas akhir ini dapat dijadikan untuk bekal bagi peserta untuk kedepannya dalam menghadapi dunia tentang industri yang terkait dengan sistem kontrol pada *power plant*.
2. Tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai ajang menambah pengetahuan bagi adik tingkat di program studi D3 Metrologi dan Instrumentasi tentang sistem kontrol pada *power plant*.

1.6 Sistematika Laporan

Dalam Penyusunan tugas akhir ini, sistematika laporan akan disusun secara sistematis yang terbagi dalam beberapa bab, yakni dengan perincian sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab I ini terdiri dari penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika laporan

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab II ini berisikan tentang teori-teori penunjang tugas akhir, antara lain teori tentang gambaran umum PLTU, sistem Control, , Boiler, serta Atmega16 sebagai *controller* pada sistem pengendalian atau sistem kontrol

BAB III Perancangan dan Pembuatan Alat

Dalam bab ini terdiri dari penjelasan secara detail langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian. Produk yang dihasilkan dari tahap-tahap yang telah dilakukan adalah perancangan dan model yang siap untuk dibuat, diuji dan dianalisa

BAB IV Pengujian Alat dan Analisa Data

Pada bab ini merupakan tindak lanjut dari bab III, dimana jika telah melaksanakan perancangan dan pembuatan alat maka dilakukan pengujian alat sehingga memperoleh data baik data berupa grafik maupun tabulasi, kemudian dilakukan analisa data dan pembahasan

BAB V Kesimpulan dan saran

Dalam bab ini adalah berisi mengenai kesimpulan pokok dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat dijadikan rekomendasi sebagai pengembangan penelitian selanjutnya

BAB II

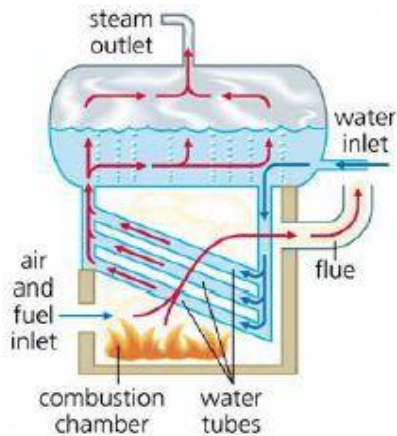
TEORI PENUNJANG

2.1 Boiler

Boiler adalah peralatan yang berperan penting dalam proses di industri maupun pembangkit listrik, yang biasanya sering disebut dengan ketel uap. Boiler ini adalah alat penukar energi panas, yaitu energi panas yang dihasilkan boiler dapat diubah menjadi energi potensial dalam bentuk uap yang bertekanan. Uap bertekanan tinggi pada boiler ini dijamin penggerak turbin uap untuk menghasilkan energi listrik. Energi yang dihasilkan oleh boiler adalah bersal dari pembakaran bahan bakar yang menghasillakkan panas.

Boiler ada beberapa macam misal, boiler berdasarkan fluida yang mengalir pada pipa. Jenis bahan bakar yang digunakan pada boiler ada beberapa macam yaitu dari gas elpiji, minyak bumi serta batu bara dan lain-lain.

Boiler disebut juga bejana tertutup yang terdiri atas sistem air umpan, sistem *steam* dan sistem bahan bakar. Panas pembakaran dari sistem bahan bakar dialirkan ke air sampai terbentuk air panas hingga air menghasilkan uap air atau *steam*. Uap air atau *steam* pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan *steam* ke suatu proses lainnya. Air adalah media yang digunakan oleh boiler untuk melakukan proses penguapan disamping itu harganya murah untuk menghasil *steam* dari boiler dan *steam* dari boiler dapat digunakan pada proses yang lain. Oleh sebab itu boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan harus dijaga dengan baik agar tetap menghasilkan tenaga yang dibutuhkan untuk pembangkit listrik^[3].



Gambar 2.1 Boiller^[3]

Boiler diatas merupakan tipe *water tube*, pada boiler ini proses perapian terjadi pada sisi luar pipa, sehingga anas akan terserap oleh air yang mengalir ke dalam pipa. Berikut ini bagaian-bagian dari boiler dan fungsinya :

a. Economizer

Economizer berfungsi untuk meningkatkan temperatur air (pemanasan awal) sebelum masuk ke boiler untuk selanjutnya dialirkan ke *steam drum*, komponen ini berada dalam *boiler* yang terdiri dari rangkaian pipa-pipa (tubes) yang menerima air dari inlet. Sumber panas yang diperlukan oleh alat tersebut berasal dari gas buang dalam boiler. Air mengalir dalam pipa–pipa, sementara diluar mengalir gas panas yang berasal dari hasil pembakaran boiler. Selanjutnya steam panas tersebut dimanfaatkan ^[2]

b. Steam Drum

Berfungsi untuk menyimpan air dalam volume yang besar dan untuk memisahkan uap dari air setelah proses pemanasan yang terjadi dalam *Boiler*. Secara umum, ada empat jenis pipa sambungan dasar yang berhubungan dengan *Steam Drum*, yaitu:

1. Feed Water Pipe

Berfungsi mengalirkan air dari *Economizer* ke *Distribution Pipe* yang panjangnya sama persis dengan *Steam Drum*. *Distribute Pipe* berfungsi mengalirkan air dari *Economizer* secara merata keseluruh bagian *Steam Drum*.

2. Downcomer atau Pipa turun

Ditempatkan disepanjang bagian dasar *Steam Drum* dengan jarak yang sama antara yang satu dengan yang lainnya. Pipa-pipa ini mengalirkan air dari *Steam Drum* menuju *Boiler Circulating Pump*. *Boiler Water Circulating Pump* (BWCP) digunakan untuk memompa air dari *Downcomer* dan mensirkulasikannya menuju *Waterwall* yang kemudian air tersebut dipanaskan oleh pembakaran di *Boiler* dan dikirim kembali ke *Steam Drum*.

c. Waterwall Pipe

Terletak di kedua sisi *Steam Drum* dan merupakan pipa-pipa kecil yang berderet vertikal dalam *Boiler*, setiap pipa disambung satu sama lain agar membentuk selubung yang kontinu dalam *Boiler*. Konstruksi seperti ini disebut konstruksi membran. *Waterwall* bertugas menerima dan mengalirkan air dari *Boiler Circulating Pump* kemudian dipanaskan dalam *Boiler* dan dialirkan ke *Steam Drum*^[3]

d. *Steam Outlet Pipe*

Merupakan sambungan terakhir, diletakkan dibagian atas *Steam Drum* untuk memungkinkan *Saturated Steam* keluar dari *Steam Drum* menuju *Superheater*. Dalam *Steam Drum*, *Saturated Steam* akan dipisahkan dan diteruskan untuk pemanasan lebih lanjut di *Superheater*, sedangkan airnya tetap berada dalam *Steam drum* dan dialirkan ke *Down Comer*, dari sini proses akan dimulai lagi^[3].

e. *Superheater*

Superheater merupakan kumpulan pipa *Boiler* yang terletak dijalan aliran gas panas hasil pembakaran. Panas dari gas ini dipindahkan ke *Saturated Steam* yang ada dalam pipa *Superheater*, sehingga berubah menjadi *Super Heated Steam*. *Superheater* ini ada dua bagian, yaitu *Primary Superheater* dan *Secondary Superheater*. *Primary Superheater* merupakan pemanas pertama yang dilewati oleh *Saturate Steam* setelah keluar dari *Steam drum*, setelah itu baru melewati *Secondary Superheater* dan menjadi *Super Heated Steam*. *SH Steam* akan dialirkan untuk memutar *High Presure Turbin*, dan kemudian tekanan dan temperaturnya akan turun^[3]

f. *Furnace*

Ada empat syarat pembakaran yaitu bahan bakar, oksigen, panas dan reaksi kimia. Akan tetapi untuk pembakan di *Boiler* perlu adanya syarat tambahan agar pembakaran di dalam *Boiler* bekerja dengan efisien yaitu turbulensi dan waktu. Waktu yang cukup harus diupayakan agar campuran yang mudah terbakar dapat terbakar seluruhnya. Aliran bahan bakar dalam *Boiler* harus cukup lambat untuk memberikan cukup waktu untuk pembakaran sempurna, kalau tidak bahan yang mudah terbakar akan terkumpul dalam ketel atau cerobong dan menimbulkan bahaya ledakan. Bahaya ledakan dicegah dengan perancangan *Boiler* yang tepat, *Boiler* harus cukup besar untuk memperlambat

aliran udara, sehingga sebelum meninggalkan *Boiler* bahan bakar dapat terbakar dengan sempurna. Udara pembakaran ada dua macam, yaitu *Primary Air* (udara primer) dan *Secondary Air* (udara sekunder). Udara primer dipasok oleh *Primary Air Fan* (PA Fan) yang dihembuskan menuju ke alat penggiling batubara (*Pulverizer*) kemudian bersama-sama dengan serbuk batubara dialirkan ke *Furnace* untuk dibakar (reaksi kimia). Bercampurnya batubara dan udara dibantu oleh *Dumper* tetap yaitu pengatur pengaduk udara sehingga menimbulkan turbulensi yang memungkinkan terjadinya pembakaran yang efisien. Turbulensi mengacu pada gerakan udara didalam *Furnace*, gerakan ini perlu karena dapat menyempurnakan pencampuran udara dan bahan bakar^[3].

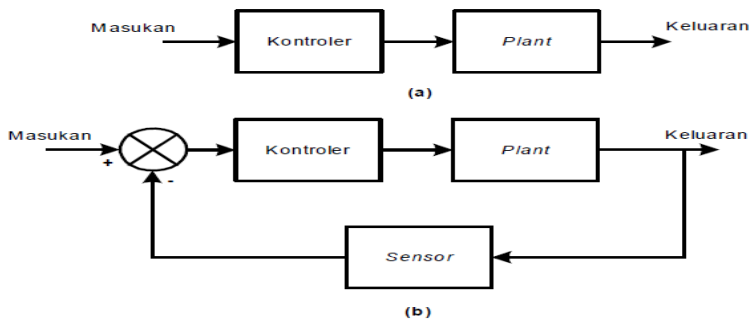
Udara primer tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan turbulensi untuk melakukan pencampuran bahan bakar secara sempurna atau memenuhi kebutuhan akan oksigen untuk pembakaran sempurna. Untuk itulah diperlukan pasokan dari udara sekunder yang dihasilkan oleh *FD Fan* bersama *ID Fan*. Boiler yang bekerja dengan tekanan yang negatif atau dibawah tekanan atmosfir selalu dilengkapi dengan *Force Draft Fan (FD Fan)* dan *Induced Draft Fan (ID Fan)*. Boiler ini disebut dengan *Balanced-Draft* yaitu *Furnace* dengan kipas tarikan seimbang^[3].

2.3 Sistem Pengendalian

Sistem pengendalian merupakan sebuah sistem yang mempertahankan sebuah nilai keluaran dari suatu variabel proses sesuai dengan yang diinginkan (*set point*). Tujuan dari sistem pengendalian yaitu untuk menjaga kualitas dan kuantitas suatu proses. Pada dasarnya dibagi menjadi dua bagian, yaitu sistem pengendalian secara manual atau pengendalian terbuka (*Open Loop*) serta sistem pengendalian otomatis (*Close Loop*). Perbedaan mendasar antara kedua sistem pengendalian ini adalah

adanya umpan balik berupa informasi variabel yang diukur pada sistem pengendalian *close loop*, sedangkan sistem pengendalian terbuka tidak terdapat umpan balik mengenai variabel yang diukur^[4].

Hampir semua proses di industri membutuhkan peralatan-peralatan otomatis untuk mengendalikan parameter – parameter prosesnya. Otomatisasi tidak hanya diperlukan demi kelancaran operasi, keamanan, ekonomi maupun mutu produk, tetapi lebih, merupakan kebutuhan pokok. Parameter – parameter yang umum dikendalikan dalam suatu proses adalah tekanan, laju aliran, suhu. Gabungan serta alat-alat pengendalian otomatis itulah yang membentuk sistem pengendalian tersebut disebut instrumentasi pengendalian proses.



Gambar 2.2 (a) Diagram Blok Proses Pengendalian Terbuka
(b) Diagram Blok Proses Pengendalian Tertutup^[4]

Istilah-istilah yang perlu diketahui dalam sistem otomasi adalah sebagai berikut:

- **Proses** : tatanan peralatan yang mempunyai suatu fungsi tertentu.
- **Controlled Variable** : besaran atau variabel yang dikendalikan.

- ***Manipulated Variable*** : input dari suatu proses yang dapat dimanipulasi agar *controlled variable* sesuai *set point*.
- ***Sensing Element*** : bagian paling ujung suatu sistem pengukuran, seperti sensor suhu tau sensor level.
- ***Transmitter*** : untuk membaca sinyal sensing element dan mengubah sinyal yang dapat dipahami kontroler.
- ***Measurement Variable*** ; sinyal yang keluar dari transmitter.
- ***Set Point*** : besar *process variable* yang dikehendaki
- ***Controller*** : elemen yang melakukan tahapan mengukur – membandingkan – menghitung – mengkoreksi.

2.3 Sensor Termokopel K

Thermocouple adalah dua logam yang didekatkan yang apabila terpapar oleh kalor dengan suhu tertentu akan menghasilkan beda potensial. Termokopel Suhu didefinisikan sebagai jumlah dari energi panas dari sebuah objek atau sistem. Perubahan suhu dapat memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap proses ataupun material pada tingkatan molekul^[5]. Sensor suhu adalah device yang dapat melakukan deteksi pada perubahan suhu berdasarkan pada parameter-parameter fisik seperti hambatan, ataupun perubahan voltage^[5]. Salah satu jenis sensor suhu yang banyak digunakan sebagai sensor suhu pada suhu tinggi adalah termokopel.



Gambar 2.3 MAX6675 K-type Thermocouple Temperature Sensor^[5]

Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy) Termokopel untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Keluaran dari thermocouple berupa milivolt maka dari itu keluaran thermocouple harus dikuatkan dengan modul tambahan yang kemudian baru bisa dibaca oleh *microcontroller ATmega 8535*^[4].

2.4 Mikrokontroler Atmega16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa bandar masukan maupun keluaran, dan beberapa *peripheral* seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi^[5].

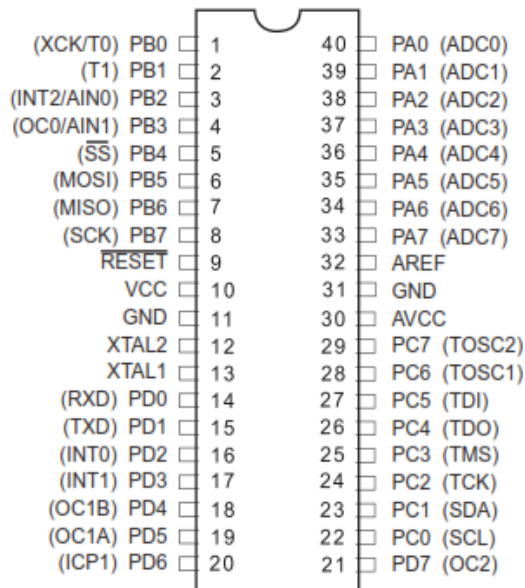
Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fiturnya^[6].



Gambar 2.4 Ic Chip Atmega16^[6]

ATMega 16 mempunyai *throughput* mendekati 1 *Millions Instruction Per Second* (MIPS) per MHz sehingga membuat konsumsi daya menjadi rendah terhadap kecepatan proses eksekusi perintah. Adapun keunggulan dari AVR ATMega 16 antara lain:

- Mikrokontroler AVR 8 bit memiliki kemampuan tinggi dengan konsumsi daya rendah.
- Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16MHz
- Kapasitas *flash memory* 16 Kbyte, EEPROM 512 Byte dan SRAM 1 Kbyte
- Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, *Port D*
- CPU yang terdiri dari 32 buah *register*
- Unit interupsi dan eksternal
- Port USART untuk komunikasi serial
- Non- volatile program memory*



Gambar 2.5 Pin – pin ATMega 16 40-pin DPI^[6]

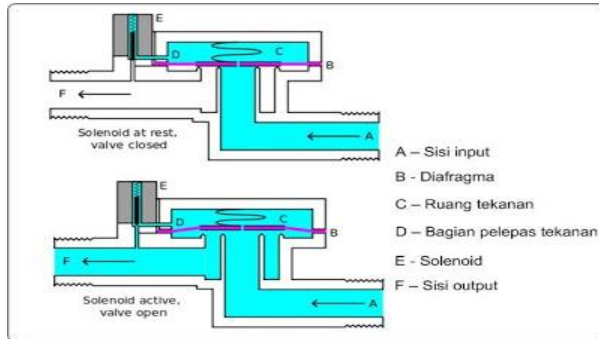
2.5 BascomAVR

Software BASCOM-AVR adalah salah satu software yang dapat digunakan untuk belajar memprogram mikrokontroler AVR. BASCOM-AVR adalah merupakan software IDE (integrated development environment), karena dalam software tersebut telah dilengkapi dengan text (source code) editor dan compiler.

BASCOM AVR sendiri adalah salah satu tool untuk pengembangan / pembuatan program untuk kemudian ditanamkan dan dijalankan pada mikrokontroler terutama mikrokontroler keluarga AVR . BASCOM AVR juga bisa disebut sebagai IDE (Integrated Development Environment) yaitu lingkungan kerja yang terintegrasi, karena disamping tugas utamanya meng-compile kode program menjadi file hex / bahasa mesin, BASCOM AVR juga memiliki kemampuan / fitur lain yang berguna sekali seperti monitoring komunikasi serial dan untuk menanamkan program yang sudah di compile ke mikrokontroler^[7].

2.6 Solenoid Valve

Solenoid valve akan bekerja bila kumparan/coil mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja(kebanyakan tegangan kerja solenoid valve adalah 100/200VAC dan kebanyakan tegangan kerja pada tegangan DC adalah 12/24VDC). Dan sebuah pin akan tertarik karena gaya magnet yang dihasilkan dari kumparan selenoida tersebut. Dan saat pin tersebut ditarik naik maka fluida akan mengalir dari ruang C menuju ke bagian D dengan cepat. Sehingga tekanan di ruang C turun dan tekanan fluida yang masuk mengangkat diafragma. Sehingga katup utama terbuka dan fluida mengalir langsung dari A ke F. Untuk melihat penggunaan solenoid valve pada sistem pneumatik.^[8]



Gambar 2.6 Selenoid Valve^[8]

2.7 Servo Operated Valve

Servo Operated Valve merupakan ball valve yang dikendalikan dengan motor baik dengan arus listrik AC maupun DC tergantung motor yang digunakan. Motor valve on-off ini merupakan elemen aktuator yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Contohnya pada sistem pneumatik, bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator pneumatik (cylinder). Atau pada sebuah tandon air yang membutuhkan Servo Operated Valve sebagai pengatur pengisian air, sehingga tandon tersebut tidak sampai kosong^[9].



Gambar 2.9 Servo Operating Valve^[9]

2.8 Force Draft Fan (FD fan)

Force Draft (FD) Fan berfungsi menghasilkan Secondary Air untuk mencampur udara dan bahan bakar di Burner sebagai udara pembakaran didalam Furnace. Prinsip kerja *FD Fan* adalah menjaga tekanan udara pembakaran di dalam *Seca Duct* dengan *Set Point* tertentu sesuai permintaan load unit PLTU. *Set Point* tersebut memerintahkan secara otomatis kepada *Vane Blade Pitch* (gambar 3 & 4) untuk bergerak membuka atau menutup sehingga diperoleh tekanan udara di *Seca Duct* yang sesuai. Semakin besar bukaan *VBP* akan menaikkan jumlah aliran udara pembakaran yang menuju *Burner*^[10].



Gambar 2.8 Force Draft Fan^[10]

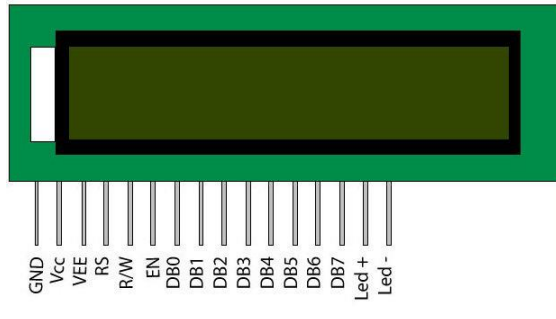
2.9 LCD 16X2

LCD (Liquid Crystal Display) ini merupakan suatu *device* untuk menampilkan data berupa tampilan (*display*). LCD yang ada di pasaran terdiri dari berbagai ukuran, seperti 16x2, 16x4, dan lain-lain.



Gambar 2.9 LCD 16x2^[10]

Gambar tersebut merupakan contoh dari LCD dengan ukuran 16 x 2, yang artinya terdiri dari 16 baris dan 2 kolom. Masing-masing baris memiliki alamat memori tersendiri. Kolom pertama 16 segmen \$80H - \$8FH, sedangkan kolom kedua memiliki alamat memori \$0C0H - \$0CFH. LCD membutuhkan tegangan sebagai *power* yaitu sebesar 0 – 5 Volt DC.



Gambar 2.10 Pin-pin LCD 16x2 ^[11]

Pada gambar diatas merupakan gambar keseluruhan pada pin-pin pada LCD, Tegangan tersebut masuk ke dalam pin 2 (VSS) sebagai GND dan pin 2 (VDD sebagai VCC. Ada pula pin 3 (VEE) untuk mengatur tingkat keterangan cahaya *backlight* yang biasa dilakukan dengan pengaturan resistansi megggunakan potensiometer. Pada rangkaian LCD 16x2 biasanya diberi dioda yang berguna untuk kepentingan *safety*. Selain itu juga terdapat pin RW, RS dan E (*Enable*), pin D0,D1,D2 ... hingga D7 yang terletak pada pin 7 - 14 ^[11] .

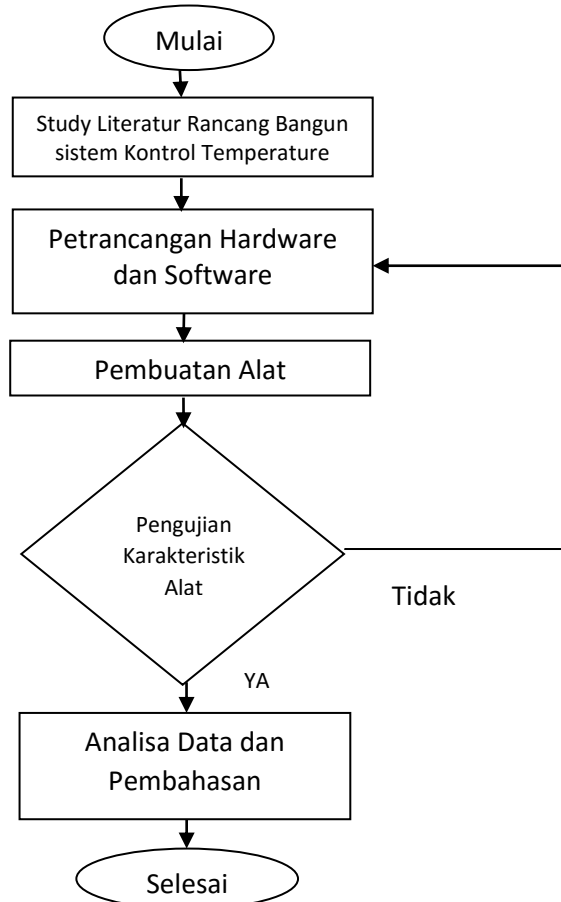
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Perancangan Sistem

Dalam perancangan dan pembuatan alat pada Tugas Akhir ini memiliki tahapan-tahapan sebagai berikut :



Gambar 3.1 *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir

Adapun penjelasan dari langkah-langkah *flowchart* ini yaitu:

1. Studi literatur lapangan yaitu untuk mencari teori-teori yang akan digunakan dan ideal untuk proses pengerjaan tugas akhir.
2. Perancangan Alat. Dilakukan perancangan sistem kontrol temperatur pada ruang bakar, perancangan dilakukan dengan membuat desain mekanik alat serta pemrograman pada Atmega16
3. Pembuatan Alat, Dilakukan pembuatan sistem kontrol temperature pada ruang bakar , pembuatan sistem kontrol temperature dilakukan dengan membuat Hardware dan software dari sistem kontrol, pembuatan hardware meliputi pembuatan mekanik alat dan pemrograman pada mikrokontroller.
4. Analisa data dan Kesimpulan Tahap terakhir terdapat analisis data yang dihasilkan dari pembuatan sistem pengendalian temperatur, dilakukan penarikan kesimpulan dari semua elemen yang mempengaruhi data tersebut.

3.2 Perancangan Mekanik Alat

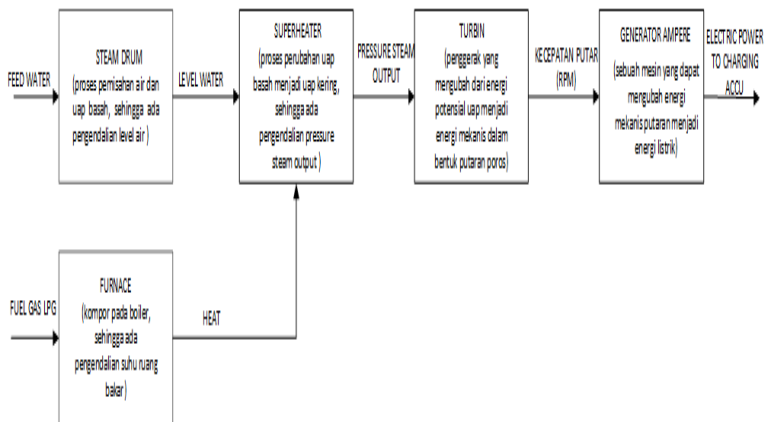
Rancang Bangun Sistem Pengendalian Temperatur Steam Output Boiler Berbahan Bakar Gas Lpg Pada Power Plant Di Laboratorium Workshop Instrumentasi, adalah sebuah rangkaian dari beberapa komponen mekanik dan elektrik yang membentuk suatu system pengendali pada miniplant PLTU, yang dimana miniplant PLTU ini dapat memnghasilkan produk steam yang nantinya akan digunakan sebagai tenaga gerak turbin yang sudah terhubung dengan generator. Dalam menghasilkan steam ini dilakukan beberapa sistem pengendalian proses kontrol, pada tugas akhir ini digunakan pengendalian temperature di ruang bakar. Berikut ini merupakan gambaran proses pada boiler.

Perancangan *hardware* untuk sistem Boiler ini memiliki beberapa kategori, yaitu *power plant*, boiler, dan sistem kontrol

Temperatur, dan indikator Berikut adalah penjelasan setiap perancangan tersebut:

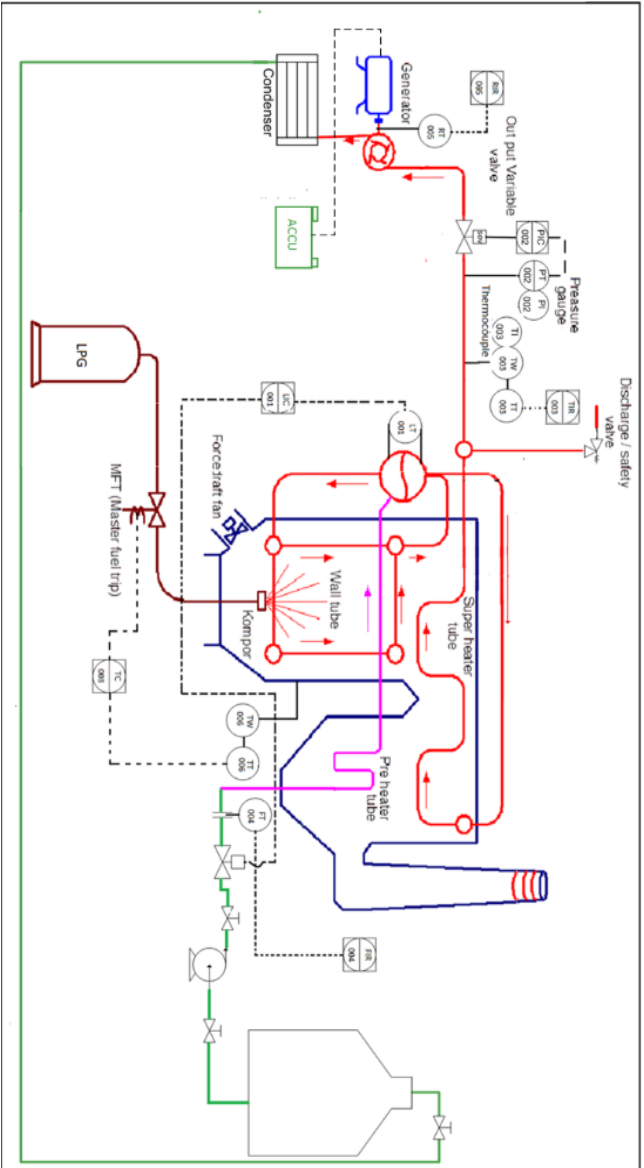
3.2.1 Boiler

Boiler yang dirancang mempunyai banyak proses yaitu mulai dari bahan yang digunakan Air dari Tangki *feedwater* yang menuju langsung ke proses pembakaran agar nantinya air yang dipanaskan didalam *furnace* Boiler berubah menjadi Uap bertekanan (*pressure steam output*) yang akan memutar Turbin yang disambungkan dengan Generator Ampere yang menghasilkan Listrik. Berikut adalah gambar *block flow diagram boiler* :



Gambar 3.2 *Block Flow Diagram Boiler*

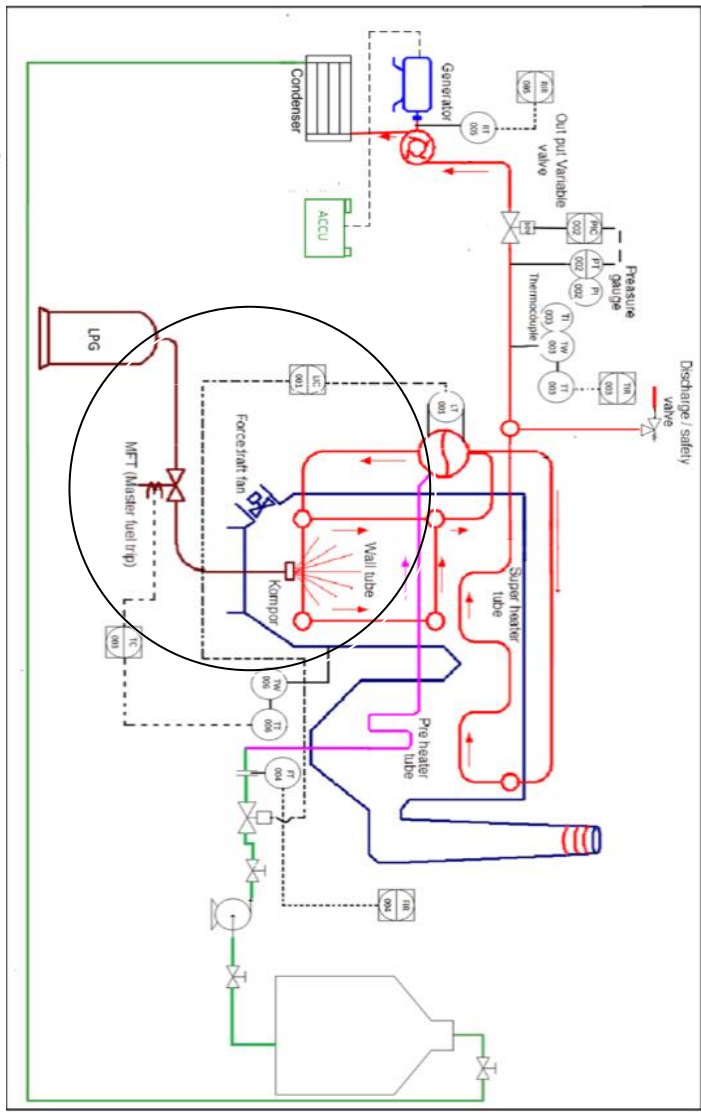
Pada gambar 3.2 *Block Flow Diagram Boiler* merupakan bagian-bagian yang penting pada proses boiler, Boiler yang dirancang membutuhkan temperatur didalam *furnace* yaitu $\pm 150^{\circ}\text{C}$ dapat menghasilkan *pressure steam output* ± 4 bar, dan Listrik ± 14 Volt DC. pada tugas akhir ini digunakan *burner* dengan bahan bakar LPG 12 Kg. Design P&ID nya dapat dilihat pada gambar 3.3 *piping and Instrumentation Diagram Boiler*.



Gambar 3.3 Piping and Instrumentation Diagram Boiler

Pada gambar 3.3 *Pipping and Instrumentation Diagram* Boiler perancangan boiler dilihat yang dimulai dari Tangki yang menampung air yang dipompa menuju ke dalam Boiler untuk proses pembakaran yang biasa disebut *furnace* yang bertujuan untuk memanaskan air agar menjadi uap (*steam*), Dari *furnace* tersebut uap akan masuk ke dalam *steam drum* untuk proses pemisahan antara uap basah yang masih mengandung air dan uap yang sudah kering. Selanjutnya uap yang masih mengandung air akan terjebak kembali ke dalam *steam drum* dan akan dipanaskan kembali. Sedangkan uap yang kering akan diteruskan hingga menuju *superheater* untuk dipanaskan hingga memiliki temperatur dan tekanan yang lebih tinggi. Kemudian dari steam ini akan digunakan untuk memutar turbin yang selanjutnya akan menggerakkan generator yang kemudian menghasilkan Listrik. Dan uap yang telah melewati turbin akan disalurkan kedalam *Condenser* yang bertujuan untuk mendinginkan uap kering agar menjadi air kembali menuju ke Tangki. Proses tersebut akan berulang terus-menerus selama Boiler terus aktif.

Pemasangan dari *servo operating valve* diletakkan pada saluran Gas LPG dan pemasangan Sensor temperatur Termokopel Tipe K ditempatkan pada ruang bakar bertujuan untuk mengendalikan Temperatur dengan setpoint 150 °C ketika Temperatur kurang dari Setpoint yaitu 150 °C maka bukaan *servo operating valve* 100% dan sebaliknya ketika pada ruang bakar temperatur >150 °C maka bukaan *servo operating valve* 0%.

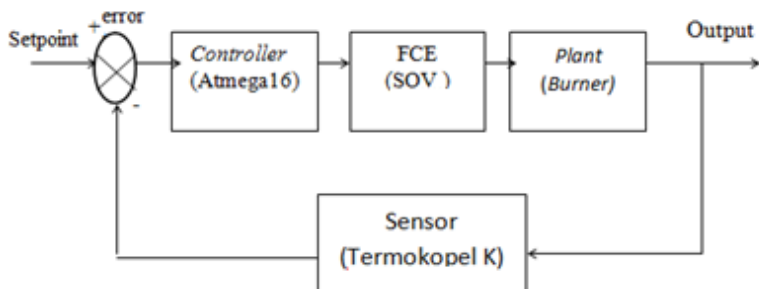


Gambar 3.4 Rancang Bangun Sistem pengendalian temperatur

Dalam proses sistem pengendalian temperatur didalam ruang bakar boiler sensor termokopel dipasang didiantara *wall tube* sehingga pembacaan sensor akurat pada pipa air yang dibakar, sensor dilengkapi dengan *thermowell* berguna untuk melindungi sensor kontak langsung dengan nyala api agar sensor tidak gampang rusak, *controller* menggunakan Amega16, kontroller menerima data ADC dari termokopel yang nantinya akan dikirim ke *Servo Operating Valve* (SOV) Untuk mengatur suplai gas LPG ke *burner* agar besar atau kecil nyala apinya bisa diatur.

3.2.2 Perancangan Sistem Pengendalian Temperatur *Furnace*

Pada gambar 3.4 Rancang Bangun Sistem pengendalian temperatur merupakan gambaran proses keseluruhan pada boiler, pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sistem kontrol temperature pada *burner*, dari proses diatas perancangan sistem kontrol ini terdapat pada lingkaran merah. perancangan sistem kontrol temperature dapat dilihat pada sistem pengendalian *close loop* sebagai berikut :



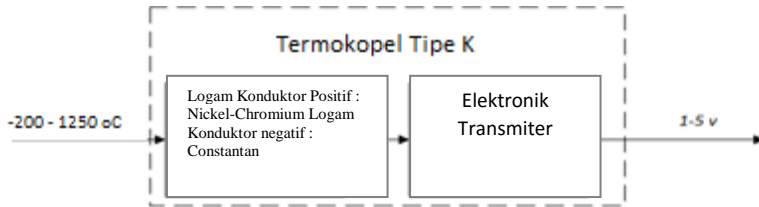
Gambar 3.5 Diagram blok sistem pengendalian temperature

Pada gambar diatas merupakan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam perancangan sistem pengendalian temperatur di ruang bakar pada miniplant boiler adalah sebagai berikut :

- *Sensor* : Merupakan elemen yang berfungsi untuk mensizing *input* yang telah masuk. Dalam hal ini sensor yang digunakan berupa sensor termokopel type K dengan input berupa nyala api berbahan bakar LPG di ruang bakar.
- *Controller* : fungsi dari elemen ini adalah untuk menerima data ADC yang nantinya akan dikirim ke LCD dan selanjutnya akan diolah menjadi data temperatur, *controller* yang digunakan pada sistem pengendalian ini adalah mikrokontroller atmega16.
- *Final Control Element* : Aktuator yang digunakan pada sistem pengendalian temperature ini adalah *Servo Operating Valve* (SOV) yang merupakan aktutor berfungsi untuk mengubah bukaan *Servo Operating Valve* (SOV) yang nantinya mengatur suplai gas Lpg kedalam Bunner Boiler agar temperatur dapat diatur dengan cara memanipulasi besarnya *manipulated variable*, berdasarkan perintah *controller*.

Berikut adalah penjelasan detil untuk konfigurasi dan integrasi setiap instrumen tersebut:

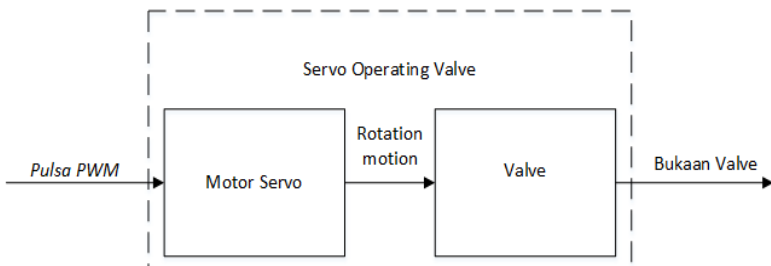
- sensor yang digunakan adalah sensor temperatur yang memiliki range pengukuran dari $-200 - 1250^{\circ}\text{C}$ dan memiliki keluaran berupa tegangan 1-5 v, kenaikan pembacaan sensor Berbanding Lurus kenaikan tegangan keluaran dari sensor, karena *controller* yang digunakan memerlukan masukan tegangan agar bisa di proses di dalamnya, oleh demikian diagram blok sensor *temperatur* nya seperti pada gambar 3.6 Diagram blok sensor.



Gambar 3.6 Diagram blok sensor

○ *Servo Operating Valve*

Pada *final control element* digunakan sebuah *servo operating valve* yang digunakan untuk mengatur Suplai Gas LPG di *furnace* Boiler pada *servo operating valve* diberikan nilai *pulse of modulation* sebesar 100ms dan untuk menutup secara penuh diberikan nilai *pulse of modulation* sebesar 40ms. Sehingga untuk bentuk diagram blok *servo operating valve* perancangannya dapat dilihat pada gambar 3.7 Diagram blok *servo operating valve*.



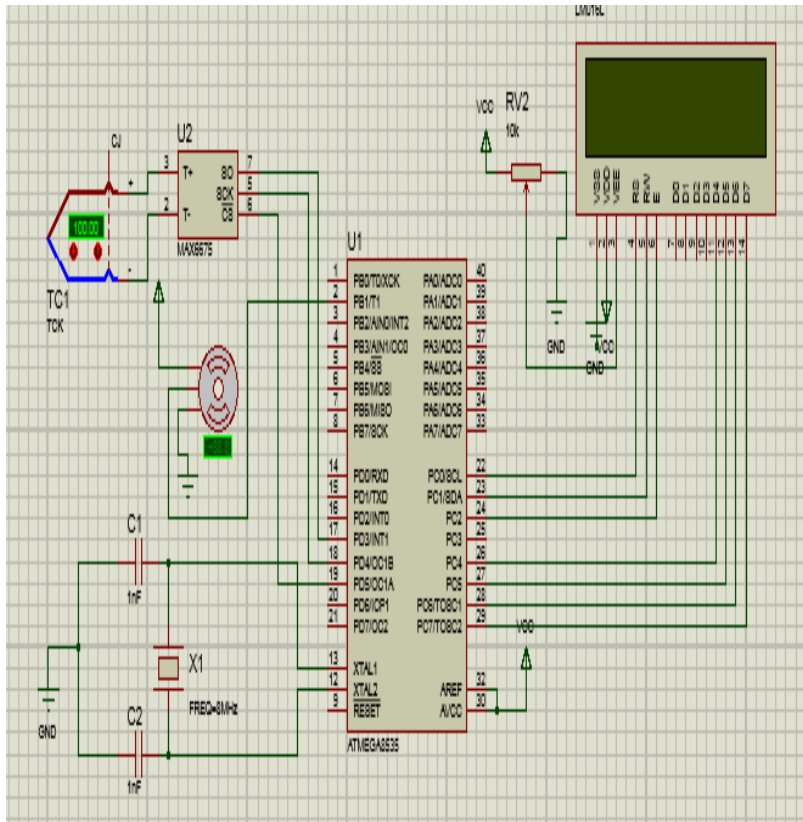
Gambar 3.7 Diagram blok *servo operating valve*

○ ATmega 16

Pada ATmega 16 ini diakifikan pin pada *power*, *analog input*, dan *digital*. Masing-masing pin tersebut digunakan untuk tampilan LCD, *input* dari Sensor, *servo operating valve*. Berikut spesifikasi konfigurasi pin yang digunakan untuk sistem ini: Mikrokontroler AVR 8 Bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.

- Memiliki kapasitas Flash memori 16 KByte.

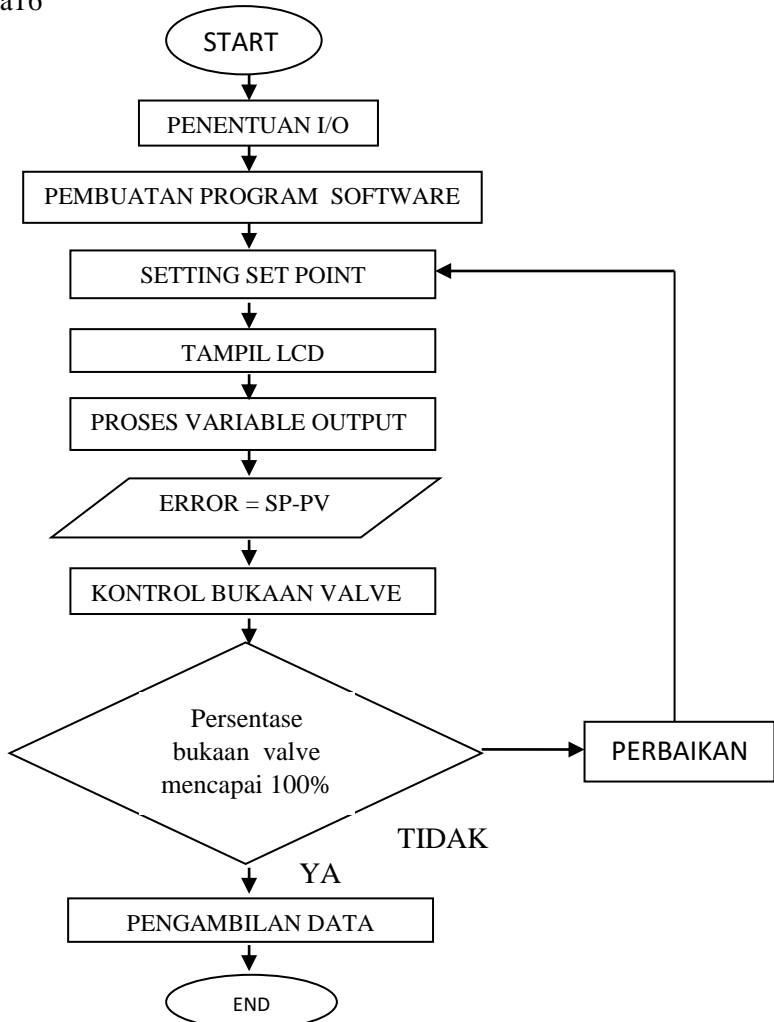
- Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D
- CPU terdiri atas 32 register.
- Unit Interupsi internal dan eksternal.
- ADC internal dengan fidelitas 10 bit 8 channel.
- Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- Port USART untuk komunikasi serial.



Gambar 3.8 Konfigurasi *Schematic wiring* Atmega 16

3.4 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada perancangan perangkat lunak ini menggunakan bahasa pemrograman basic pada *software* BascomeAVR pada Atmega16



Gambar 3.12 Flowchart program

Pada flowchart diatas menjelaskan tentang perancangan software pada Atmega. Dimulai dari pemrograman sensor pada Atmega kemudian akan di masukkan nilai set point. Thermocouple akan membaca dan akan mengkonversi menjadi nilai temperatur °C yang akan tampil pada LCD. Kemudian data pengukuran akan menghasilkan error, dari error tersebut data diolah untuk menentukan pada setpoint berupa valve terbuka dan menutup atau membuka yang digerakkan atau dilakukan oleh pergerakan motor sampai setpoint terpenuhi untuk nilai temperatur °C yang diinginkan.

“Halaman ini sengaja Dikosongkan”

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Sensor Termokopel Tipe K

Berikut ini merupakan hasil perancangan sistem Pengendalian temperatur pada ruang bakar boiler berbahan bakar LPG di workshop Instrumentasi.



Gambar 4.1 Boiler Plant

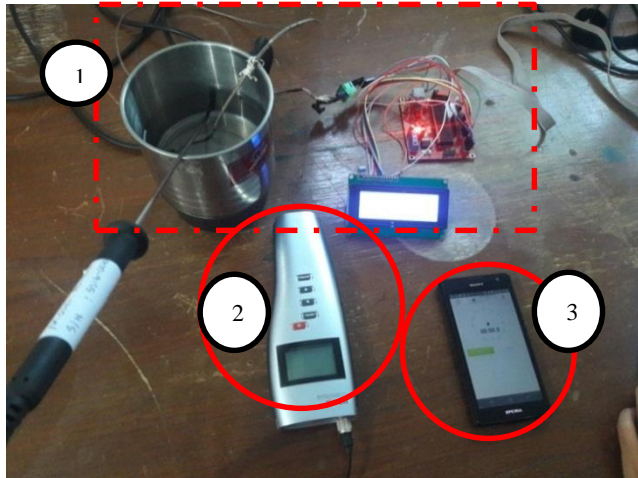
Pada sistem pengendalian ini menggunakan sensor termokopel baut tipe K dimana mempunyai range pengukuran sebesar 0-400 °C. Sensor termokopel dipasang pada sisi ruang bakar boiler, Sensor termokopel k dipasang pada lingkaran merah pada gambar 4.1, yang kemudian ditarik kabel yang disambungkan ke mikrokontroller Atmega32 pada panel, yang kemudian akan memberikan perintah pada actuator yang berupa *servo operating valve* untuk menyalahkan dan mematikan api pada ruang bakar boiler. Berikut ini merupakan peletakan sensor termokopel baut tipe K pada ruang bakar boiler



Gambar 4.2 Peletakan Sensor Termokopel K

Agar dapat mengetahui dan menganalisa sensor yang digunakan dan rangkaian yang telah dibuat agar dapat berfungsi dengan baik diperlukan adanya pengujian terhadap rangkaian yang telah dibuat. Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui karakteristik statik maupun karakteristik dinamik daripada sensor termokopel baik tipe K.

Pengujian alat ukur ini dilakukan dengan membandingkan alat ukur standar dengan alat ukur suhu yang digunakan. Pengujian sensor ini dilakukan di laboratorium mikrokontroler, ITS. Alat ukur standar yang digunakan adalah TP22 ThermoPalm yang telah standar dan terkalibrasi langsung dibandingkan dengan sensor termokopel K. Dalam hal ini kedua alat ukur tersebut mempunyai fungsi yang sama yaitu untuk mengukur suhu. Sensor TP22 ThermoPalm ini merupakan sensor suhu yang keluarannya berbentuk data digital yang ditampilkan pada Display. Berikut ini merupakan rangkaian kalibrasi pada sensor termokopel dengan kalibrator TP22 Thermo Palm.



Gambar 4.3 Kalibrasi Sensor Termokopel dengan TP22 ThermoPalm

Keterangan :

1. Rangkain sensor termokopel baut tipe K
2. Sensor TP22 ThermoPalm
3. *Stopwatch*

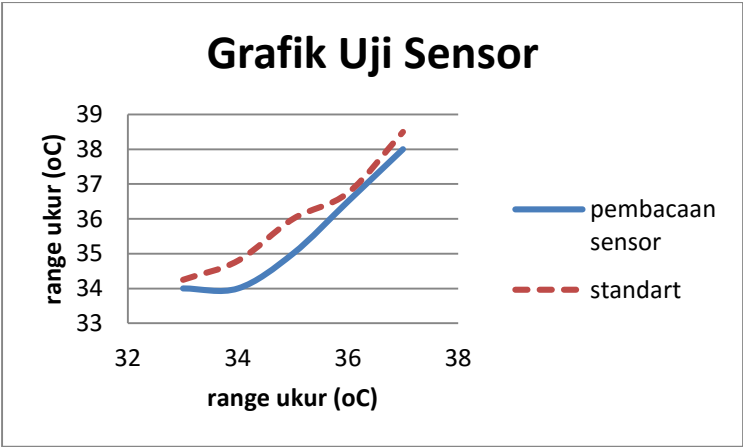
Uji sensor termokopel dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pengukuran alat standart TP22 ThermoPalm dengan nilai pembacaan dari sensor termokpel yang hasil pengukurannya dalam bentuk bilangan digital yang ditampilkan pada *display* (LCD), kedua sensor tersebut direndam pada *heater* yang berisi air dan diletakkan pada titik pengukuran yang berbeda, kemudian *heater* dipanaskan, dan *stopwatch* diaktifka, untuk pengambilan data/ nilai hasil pengukuran dilakukan setiap kenaikan 10 detik dengan range pengukuran 34.25-38.5 °C, pada pengambilan data dilakukan 5 kali pengukuran dengan titik yang sama . kegiatan ini dilakukan sebanyak dua kali pengambilan data dengan *procedure* yang sama, Berikut ini merupakan data hasil

kalibrasi sensor termokopel baut K dengan sensor TP22 ThermoPalm. Berikut ini merupakan nilai hasil perbandingan sensor termokopel dengan sensor TP22 ThermoPalm

Tabel 4.1 Data uji pembacaan alat ukur standart dan alat uji

No	STD		Pembacaan sensor		Rata-Rata Pembacaan Alat	Rata-rata pembacaan standart
	I	II	I	II	Temperatur	Temperatur
1	34.25	34.5	34	34	34	34.25
2	34.8	35.1	34	34	34	34.8
3	36	36.5	35	35	35	36
4	36.75	37.4	37	36	36.5	36.75
5	38.5	38.2	39	37	38	38.5

Table diatas merupakan hasil uji sensor termokopel baut dengan kalibrator. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai alat ukur yang dibaca sensor dengan nilai ukur yang dibaca alat standar dengan rentang ukur 34.25-38.5. dari table diatas dapat diperoleh grafik perbandingan :



Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Sensor

Dari Gambar 4.3 grafik perbandingan nilai uji alat dengan nilai sensor standar menunjukkan bahwa pembacaan alat sudah mendekati dengan alat standar. Namun, terdapat beberapa titik yang masih terdapat *error* pembacaan.

Berikut ini merupakan perhitungan hasil kalibrasi sensor termokopel dengan alat yang telah terkalibrasi

Tabel 4.2 Perhitungan Uji Alat

Koreksi	$y_i - y'$	$(y_i - y')^2$	$t_i \cdot y_i$	t_i^2
Y_i				
0.25	-0.31	0.0961	8.5625	1173.063
0.8	0.24	0.0576	27.84	1211.04
1	0.44	0.1936	36	1296
0.25	-0.31	0.0961	9.1875	1350.563
0.5	-0.06	0.0036	19.25	1482.25

Berikut ini nilai karakteristik statik sensor termokopel tipe K:

- Range : $34^{\circ}\text{C} - 38.5^{\circ}\text{C}$
- Span : 4.5°C
- Resolusi : 0,01
- Sensitivitas : 0.941176

4.2 Pengujian Sistem Pengendalian Temperatur

Berikut merupakan hasil pengujian sistem pengendalian *Temperature* pada ruang bakar boiler.

Berikut adalah data berupa tabel yang terdiri dari pembacaan sensor termokopel k berupa suhu yang diambil dari tampilan LCD 16x2 di boiler, setiap kenaikan 20 detik :

Tabel 4.3 pengukuran mencapai setpoint

No	Waktu	Temperatur	No	Waktu	Temperatur
1	0:00:20	33	76	0:25:00	102
2	0:00:40	34	77	0:25:20	102
3	0:01:00	35	78	0:25:40	103
4	0:01:20	37	79	0:26:00	103
5	0:01:40	39	80	0:26:20	104
6	0:02:00	39	81	0:26:40	105
7	0:02:20	41	82	0:27:00	105
8	0:02:40	44	83	0:27:20	106
9	0:03:00	45	84	0:27:40	108
10	0:03:20	47	85	0:28:00	108
11	0:03:40	49	86	0:28:20	110
12	0:04:00	51	87	0:28:40	114
13	0:04:20	54	88	0:29:00	114
14	0:04:40	55	89	0:29:20	115
15	0:05:00	57	90	0:29:40	115
16	0:05:20	58	91	0:30:00	116
17	0:05:40	61	92	0:30:20	116
18	0:06:00	61	93	0:30:40	117
19	0:06:20	62	94	0:31:00	116
20	0:06:40	64	95	0:31:20	117
21	0:07:00	66	96	0:31:40	118
22	0:07:20	66	97	0:32:00	118
23	0:07:40	67	98	0:32:20	119
24	0:08:00	69	99	0:32:40	119
25	0:08:20	70	100	0:33:00	120
26	0:08:40	70	101	0:33:20	120
27	0:09:00	72	102	0:33:40	121
28	0:09:20	72	103	0:34:00	120
29	0:09:40	73	104	0:34:20	122
30	0:10:00	75	105	0:34:40	122
31	0:10:20	75	106	0:35:00	123
32	0:10:40	77	107	0:35:20	123

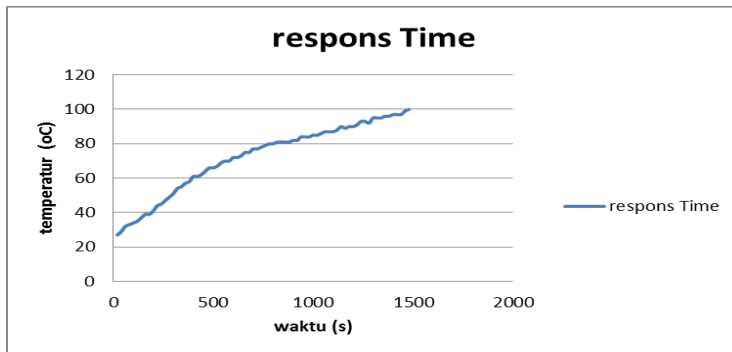
Tabel 4.3 Pengukuran Mencapai Setpoint (Lanjutan)

No	Waktu	Temperatur	No	Waktu	Temperatur
33	0:11:00	77	108	0:35:40	123
34	0:11:20	78	109	0:36:00	124
35	0:11:40	79	110	0:36:20	124
36	0:12:00	80	111	0:36:40	124
37	0:12:20	80	112	0:37:00	124
38	0:12:40	81	113	0:37:20	124
39	0:13:00	81	114	0:37:40	126
40	0:13:20	81	115	0:38:00	126
41	0:13:40	81	116	0:38:20	127
42	0:14:00	82	117	0:38:40	127
43	0:14:20	82	118	0:39:00	127
44	0:14:40	84	119	0:39:20	127
45	0:15:00	84	120	0:39:40	128
46	0:15:20	84	121	0:40:00	129
47	0:15:40	85	122	0:40:20	129
48	0:16:00	85	123	0:40:40	130
49	0:16:20	86	124	0:41:00	131
50	0:16:40	87	125	0:41:20	131
51	0:17:00	87	126	0:41:40	132
52	0:17:20	87	127	0:42:00	133
53	0:17:40	88	128	0:42:20	133
54	0:18:00	90	129	0:42:40	133
55	0:18:20	89	130	0:43:00	135
56	0:18:40	90	131	0:43:20	136
57	0:19:00	90	132	0:43:40	137
58	0:19:20	91	133	0:44:00	137
59	0:19:40	93	134	0:44:20	137
60	0:20:00	93	135	0:44:40	139
61	0:20:20	92	136	0:45:00	139
62	0:20:40	95	137	0:45:20	140
63	0:21:00	95	138	0:45:40	140
64	0:21:20	95	139	0:46:00	140
65	0:21:40	96	140	0:46:20	142

Tabel 4.3 Pengukuran Mencapai Setpoint (Lanjutan)

No	Waktu	Temperatur	No	Waktu	Temperatur
66	0:22:00	96	141	0:46:40	145
67	0:22:20	97	142	0:47:00	144
68	0:22:40	97	143	0:47:20	147
69	0:23:00	97	144	0:47:40	147
70	0:23:20	99	145	0:48:00	148
71	0:23:40	99	146	0:48:20	149
72	0:24:00	98	147	0:48:40	151
73	0:24:20	100	148	0:49:00	150
74	0:24:40	101	149	0:49:20	150
75	0:25:00	101			

Dari pengambilan data tersebut kemudian diperoleh grafik respon time temperatur dibanding dengan waktu.

**Gambar 4.5** Grafik Respon time temperatur dibanding waktu

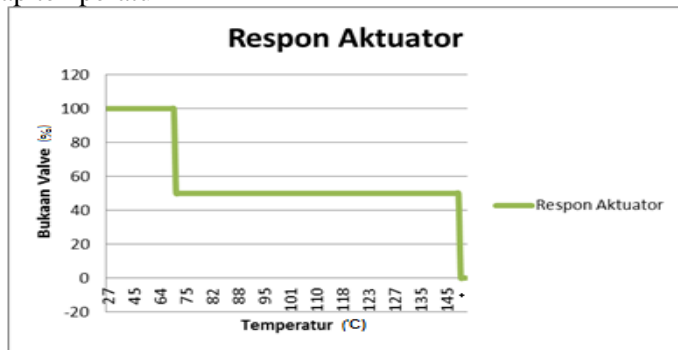
Dari Grafik Respon |Time dapat dilihat respon diatas mulai dititik 27 °C respon pembacaan temperaatur cepat naiknya dikarenakan valve Gas LPG membuka 100%,dan pada titik 80°C Respon temperatur kembali normal disebabkan oleh valve pada Gas LPG membuka 50%.

Untuk mencapai dari awal sampai mencapai set point 150° C (settling time) diperlukan waktu 56 menit.

Tabel 4.4 Respon aktuator

No	Temperatur	Bukaan Valve
1	27 °C - 70 °C	100%
2	72 °C - 100 °C	50%
3	150 °C	0%

Dari table 4.4 dapat diketahui grafik respon actuator terhadap temperatur

**Gambar 4.6** Grafik Respon Aktuator

Dari grafik diatas dapat diketahui bukaan valve terhadap besarnya temperature yang berada pada ruang bakar,yaitu :

- ketika temperature pada ruang bakar sebesar 27 °C - 70 °C maka actuator akan membuka penuh sehingga gas yang diberikan dari LPG semakin besar,
- ketika suhu pada ruang bakar mencapai 72 °C - 110 °C actuator akan membuka sebagian sehingga *flowrate* gas yang diberikan dari LPG mengecil dan *burner* yang ada diruang bakar mengecil
- ketika suhu sudah mencapai 150 °C, actuator akan menutup penuh sehingga tidak ada *flowrate* yang mengalir dan temperature yang berada diruang bakar telah mencapai dengan nilai yang ditetapkan/ *set point* sehingga akan berhenti.

4.3 Analaisa Data

Sistem pengendalian temperatur steam output boiler pada power plant ini menggunakan controller Atmega16 dengan sensor termokopel type-K yang menggunakan amplifiier max 6675 sebagai pengondisian sinyalnya yang mengeluarkan $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, Sistem pengendalian temperatur menggunakan *close loop* kontrol atau pengendalian tertutup yang memiliki *feed back*, sedangkan aktutornya menggunakan *servo operating valve*.

Supply yang digunakan 5V untuk atmega dan 5V untuk aktuator. Sensor termokopel dipasang pada ruang bakar dan dihubungkan dengan Atmega serta aktutor motor servo. Actuatoer servo ini bekerja berdasarkan besarnya temperature yang berada disuang bakar dan bekerja dengan 3 kondisi.

Pengujian sensor termokopel-K dilakukan dengan membandingkan alat ukur standar yaitu TP22 ThermoPalm I dan alat ukur suhu yang digunakan. Dalam hal ini kedua alat ukur mempunyai fungsi yang sama yaitu untuk mengukur temperature. Dilakukan pengujian pengukuran dengan range $34^{\circ}\text{C} - 38.5^{\circ}\text{C}$. dari grafik pembacaan Alat ukur didapatkan nilai koreksi sebesar -0.25071°C dan *error* 0.250714.

Data pengendalian temperatur di ruang bakar Boiler tersebut memiliki *response time* yang cukup baik untuk mencapai *set point*, dari data tersebut dibutuhkan waktu sebesar 56 menit untuk mencapai *set point*. Actuatoer kana bekerja berdasarkan besarnya temperature pada ruang bakar, dari data yang didapatkan actuatoer akan membuka penuh/ 100% pada saat suhu normal sampai 70°C , dan akan membuka sebagian apabila diantara 70°C - 150°C dan akan menutup apabila suhu telah mencapai *set point* , actuatoer ini bekerja untuk mengtur suplai bahan bakar Gas LPG agar Temperatur pada ruang bakar boiler bisa dikontrol dengan nilai temperatur 150°C .

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan alat dan alat data yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Telah berhasil dirancang sistem pengendalian temperatur Steam Output Boiler berbahan bakar LPG pada Power Plant.
- b. Pada pengendalian temperatur digunakan sebuah termokopel tipe-k dengan pengkondisian sinyal max 6675 yang memiliki $4\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ dan Termokopel tipe hot junction dapat mengukur mulai dari 0°C sampai $+1023,75^{\circ}\text{C}$. MAX6675 memiliki bagian ujung *cold end* yang hanya dapat mengukur -20°C sampai $+85^{\circ}\text{C}$. Dari data pengujian sensor didapatkan rata-rata koreksi $\pm 1,617^{\circ}\text{C}$ dan error $\pm -1,746^{\circ}\text{C}$.
- c. Pengendalian temperatur menggunakan sensor termokopel, Atmega sebagai kontroller, motor servo sebagai pengendali nyala api burner dengan bahan bakar LPG (*liquid pretrroleum gas*) dengan set point pengendalian temperatur 150°C .
- d. Dari data pengujian actuator ketika suhu diatas 100°C servo akan membuka sebagian dan ketika pada suhu ruangan maka actuator akan membuka penuh.

5.2 Saran

Berdasarkan perancangan alat dan alat data yang telah dilakukan didapatkan beberapa Saran sebagai berikut :

- a. Dalam perancangan pengendalian tempearatur untuk diberi HMI (human macine interface) yang bisa di monitoring pada layar PC.
- b. Untuk penngunaan sensor dengan jarak yang jauh bisa mengurangi arus yang mengalir dan mengakibatkan error pembacaan yang sangat tinggi sebaiknya diberi kapasitor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adila, Virtu. 2013. *Pengendalian Rasio Bahan Bakar dan udarah pada Boiler Menggunakan Mode Kontrol Optimal Linier Quadratic Regulator (LQR)*. Surabaya
- [2] Setyawan, Angga. 2007. *Perancangan Sitem Pengendalian Temperatur pada Superheater Steam dengan metode Fuzzy Logic Control di PLTU Unit Pembangkit Gresik*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [3] Oktyashari, Angga. 2016. *Utilitas Boiler*. Yogyakarta : Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
- [4] Share ITS. 2013. *Sistem Kendali (Control Sistem)*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [5] Supriatna, Piping. 2003. *Sistem Kontrol temperature untuk Termokopel Chromel Alumel*. Serpong
- [6] Barrett, Steven. 2008. *Atmel AVR Microcontroller Primer*. Morgan-Claypool Publishers
- [7] Safrudin, Cholis. 2011. *Introduction to Bascom AVR Compiler*. Jakarta
- [8] Mahmud, Hasan. 2014. *Rancang Bangun Rangkaian Pengendalian untuk Valve yang digunakan sebagai Saluran masuk gas N₂, dan O₂ pada alat kalibrasi sensor Oksigen*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [9] Derose, Don. 2003. *Proportional and Servo Valve Technology*. Fluid Power Jurnal

- [10] Nurul, Maula. 2006 . *Simulasi Sistem Kontrol Induced Draft (ID) sebagai Furnace Pressure Kontrol pada Boiler di PLTU Paiton Unit 7&8*. Surabaya : Politeknik Negeri Surabaya
- [11] Boylestad, Robert and Louise Nashelsky. 1996. *Electronic Device and Circuit Theory*. Edisi ke-6. New Jersey : Prentice Hall, Inc.

LAMPIRAN A (DATA PENGUJIAN ALAT DAN KALIBRASI)

Tabel A.1. Data Pengujian Sensor Temperatur

Tabel A.1.

No	Pembacaan standart		Pembacaan Alat		Rata2 Standar	Rata2 Alat	Koreksi	yi-y'	(yi-y')^2	ti.yi	Ti2	Y regresi	Residu
	I	II	I	II			yi						
1	34.0	34	34	34	34.25	34	0.25	8.56	0.0961	8.5625	1173.06	0.5805	-0.33
2	34.5	34	34	34	34.8	34	0.8	27.84	0.0576	27.84	1211.04	0.57	0.22
3	35.5	35	35	35	36	35	1	36	0.1936	36	1296	0.56	0.43
4	36.1	37	37	36	36.75	36.5	0.25	9.18	0.0961	9.1875	1350.56	0.5	-0.30
5	38.5	39	39	37	38.5	38	0.5	19.25	0.0036	19.25	1173.06	0.53	-0.03

LAMPIRAN B

(Listing Program di Arduino dan Microsoft Visual Studio 2010)

B.1. Listing Program BascomAVR

\$regfile = "m16def.dat"

\$crystal = 11059200

Config Lcdpin = Pin , Rs = Portc.0 , E = Portc.1 , Db4 = Portc.2

Config Lcdpin = Pin , Db5 = Portc.3 , Db6 = Portc.4 , Db7 =
Portc.5

Config Lcd = 16 * 2

Cls

Cursor Off

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Config Spi = Soft , Din = Pind.5 , Dout = Portd.3 , Ss = None ,
Clock = Portd.4

Config Servos = 1 , Servo1 = Portb.0 , Reload = 10
Disable Interrupts

Config Portb.0 = Output

Config Portb.1 = Output

Config Portb.2 = Output

Config Pind.4 = Output

Config Pind.3 = Output

Config Pind.5 = Input

Cs Alias Portd.3

Sck Alias Portd.4

So Alias Pind.5

B-2

```
Dim Maxdata As Word  
Cs = 1  
Sck = 0
```

```
Portd.5 = 1  
Dim Dataadc1 As Word  
Dim Dataadc2 As Word  
Dim Pressure As Single  
Dim Volt As Single
```

```
Dim Pres As String * 5  
Dim Teg As String * 5
```

```
Dim Nilai As Integer  
Cls  
Cursor Off
```

```
Start Adc  
Ddrb.3 = 0  
'Portb.3 = 1  
'servo pressure  
'Servo(1) = 0
```

```
'servo level  
'Servo(2) = 0
```

```
'servo temperature  
'Servo(3) = 0
```

```
'Servo(1) = 0  
'Servo(2) = 0
```

```
'servo thermo buka penuh  
'Servo(3) = 200
```

'servo thermo tutup penuh

'Servo(3) = 70

'servo level buka penuh

'Servo(2) = 40

'Servo level setengah

'Servo(2) = 60

'Servo level Tutup Penuh

'Servo(2) = 100

'Servo pressure buka

'Servo(1) = 100

'Servo pressure setengah

'Servo(1) = 0

'Servo pressure tutup

'Servo(1) = 40

Do

Cs = 0

Shiftin So , Sck , Maxdata , 0 , 16

Cs = 1

Shift Maxdata , Right , 3

Maxdata = Maxdata / 4

Locate 1 , 1

Lcd "Suhu=" ; Maxdata ; " " ; "oC"

Waitms 800

```
If Maxdata >= 100 Then
  Goto Temponpenuh
Elseif Maxdata > 70 And Maxdata < 100 Then
  Goto Temponsetengah
Elseif Maxdata <= 70 Then
  Goto Tempoff
End If
```

```
Waitms 200
```

```
Loop
```

```
Temponpenuh:
Enable Interrupts
Servo(1) = 70
Waitms 200
Disable Interrupts
Return
```

```
Temponsetengah:
Enable Interrupts
Servo(1) = 100
Waitms 200
Disable Interrupts
Return
```

```
Tempoff:
Enable Interrupts
Servo(1) = 200
Waitms 200
Disable Interrupts
Return
```

LAMPIRAN C (Datasheet)

• Datasheet Sensor Termokopel K

MAXIMUM TEMPERATURE RANGE

Thermocouple Grade

-228 to 2202°F

-200 to 1250°C

Extension Grade

32 to 392°F

0 to 200°C

LIMITS OF ERROR

(whichever is greater)

Standard: 2.2°C or 0.75% Above 0°C

2.2°C or 2.0% Below 0°C

Special: 1.1°C or 0.4%

COMMENTS, BARE WIRE ENVIRONMENT:

Clean Oxidizing and Inert; Limited Use in Vacuum or Reducing; Wide Temperature Range; Most Popular Calibration

TEMPERATURE IN DEGREES C

REFERENCE JUNCTION AT 0°C



Nickel-Chromium
vs.
Nickel-Aluminum



Extension
Grade

Thermocouple
Grade

Revised Thermocouple Reference Tables

TYPE
K
Reference
Tables
N.I.S.T.
Monograph 175
Revised to
ITS-90

Z

Thermoelectric Voltage in Millivolts										
°C	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8
-200	-6.426	-6.457	-6.485	-6.505	-6.523	-6.542	-6.559	-6.576	-6.593	-6.610
-180	-6.441	-6.435	-6.423	-6.412	-6.402	-6.392	-6.381	-6.370	-6.359	-6.348
-160	-6.404	-6.399	-6.393	-6.386	-6.382	-6.377	-6.370	-6.364	-6.358	-6.354
-140	-6.344	-6.337	-6.329	-6.322	-6.314	-6.306	-6.297	-6.289	-6.280	-6.271
-120	-6.262	-6.252	-6.243	-6.233	-6.223	-6.213	-6.202	-6.192	-6.181	-6.170
-100	-6.158	-6.147	-6.135	-6.123	-6.111	-6.099	-6.087	-6.074	-6.061	-6.048
-80	-6.035	-6.021	-6.007	-5.994	-5.980	-5.965	-5.951	-5.936	-5.922	-5.907
-60	-5.891	-5.876	-5.861	-5.845	-5.829	-5.813	-5.797	-5.780	-5.763	-5.747
-40	-5.730	-5.713	-5.695	-5.676	-5.655	-5.634	-5.608	-5.586	-5.559	-5.530
-20	-5.509	-5.511	-5.512	-5.493	-5.474	-5.454	-5.430	-5.395	-5.314	-5.204
0	-5.354	-5.333	-5.313	-5.292	-5.271	-5.250	-5.228	-5.207	-5.185	-5.163
20	-5.141	-5.119	-5.097	-5.074	-5.052	-5.029	-5.006	-4.983	-4.959	-4.935
40	-4.913	-4.889	-4.865	-4.841	-4.817	-4.793	-4.769	-4.744	-4.719	-4.694
60	-4.669	-4.644	-4.618	-4.593	-4.567	-4.542	-4.516	-4.490	-4.463	-4.437
80	-4.411	-4.384	-4.357	-4.330	-4.303	-4.276	-4.249	-4.221	-4.194	-4.166
100	-4.136	-4.110	-4.082	-4.054	-4.027	-3.999	-3.971	-3.943	-3.915	-3.887
120	-3.852	-3.823	-3.794	-3.766	-3.738	-3.709	-3.679	-3.649	-3.619	-3.589
140	-3.554	-3.523	-3.492	-3.462	-3.431	-3.400	-3.369	-3.337	-3.306	-3.274
160	-3.243	-3.211	-3.179	-3.147	-3.115	-3.083	-3.051	-3.018	-2.986	-2.953
180	-2.920	-2.887	-2.854	-2.821	-2.788	-2.755	-2.721	-2.686	-2.650	-2.620
200	-2.587	-2.553	-2.519	-2.485	-2.450	-2.416	-2.382	-2.347	-2.312	-2.276
220	-2.243	-2.208	-2.173	-2.138	-2.103	-2.067	-2.032	-1.996	-1.961	-1.925
240	-1.889	-1.854	-1.818	-1.782	-1.746	-1.709	-1.673	-1.637	-1.600	-1.564
260	-1.527	-1.490	-1.453	-1.417	-1.380	-1.343	-1.306	-1.269	-1.231	-1.194
280	-1.159	-1.119	-1.081	-1.043	-1.006	-0.968	-0.930	-0.892	-0.854	-0.816
300	-0.778	-0.739	-0.701	-0.663	-0.625	-0.587	-0.549	-0.510	-0.471	-0.432
320	-0.395	-0.353	-0.314	-0.275	-0.236	-0.197	-0.157	-0.118	-0.079	-0.039
340	0.000	0.039	0.079	0.119	0.159	0.199	0.238	0.277	0.317	0.357
360	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.716	0.756
380	0.796	0.835	0.875	0.915	0.955	0.995	1.035	1.075	1.115	1.155
400	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571
420	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.940	1.982
440	2.023	2.064	2.105	2.146	2.187	2.228	2.271	2.312	2.354	2.400
460	2.436	2.476	2.517	2.558	2.600	2.642	2.685	2.727	2.769	2.811
480	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.101	3.142	3.184	3.225
500	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.515	3.557	3.599	3.640
520	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055
540	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.426	4.469
560	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879
580	4.920	4.961	4.999	5.038	5.078	5.118	5.158	5.197	5.237	5.278
600	5.320	5.360	5.400	5.440	5.481	5.521	5.561	5.601	5.641	5.682
620	5.720	5.759	5.799	5.839	5.879	5.919	5.959	5.999	6.039	6.079
640	6.119	6.159	6.199	6.239	6.279	6.319	6.359	6.399	6.439	6.479
660	6.519	6.559	6.599	6.639	6.679	6.719	6.759	6.799	6.839	6.879
680	6.919	6.959	6.999	7.039	7.079	7.119	7.159	7.199	7.239	7.279
700	7.319	7.359	7.399	7.439	7.479	7.519	7.559	7.599	7.639	7.679
720	7.719	7.759	7.799	7.839	7.879	7.919	7.959	7.999	8.039	8.079
740	8.119	8.159	8.199	8.239	8.279	8.319	8.359	8.399	8.439	8.479
760	8.519	8.559	8.599	8.639	8.679	8.719	8.759	8.799	8.839	8.879
780	8.919	8.959	8.999	9.039	9.079	9.119	9.159	9.199	9.239	9.279
800	9.319	9.359	9.399	9.439	9.479	9.519	9.559	9.599	9.639	9.679
820	9.719	9.759	9.799	9.839	9.879	9.919	9.959	9.999	10.039	10.079
840	10.119	10.159	10.199	10.239	10.279	10.319	10.359	10.399	10.439	10.479
860	10.519	10.559	10.599	10.639	10.679	10.719	10.759	10.799	10.839	10.879
880	10.919	10.959	10.999	11.039	11.079	11.119	11.159	11.199	11.239	11.279
900	11.319	11.359	11.399	11.439	11.479	11.519	11.559	11.599	11.639	11.679
920	11.719	11.759	11.799	11.839	11.879	11.919	11.959	11.999	12.039	12.079
940	12.119	12.159	12.199	12.239	12.279	12.319	12.359	12.399	12.439	12.479
960	12.519	12.559	12.599	12.639	12.679	12.719	12.759	12.799	12.839	12.879
980	12.919	12.959	12.999	13.039	13.079	13.119	13.159	13.199	13.239	13.279
1000	13.319	13.359	13.399	13.439	13.479	13.519	13.559	13.599	13.639	13.679

C-1

• Datasheet MAX6675

EVALUATION KIT AVAILABLE

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 0.5°C for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Applications

- Industrial
- Appliances
- HVAC

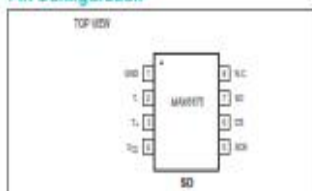
Features

- Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

Ordering Information

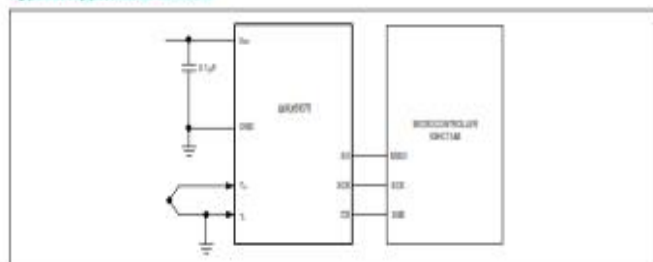
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (V_{CC} to GND)	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
SO, SCK, CS, T-, T+ to GND	-0.3V to V_{CC} + 0.3V	Junction Temperature	+150°C
SO Current	50mA	SO Package	
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V	Vapor Phase (80s)	+215°C
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)		Infrared (15s)	+220°C
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	471mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Operating Temperature Range	-20°C to +85°C		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Electrical Characteristics

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V; T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		THERMOCOUPLE = +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-5	+5	LSB
		THERMOCOUPLE = 0°C to +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +5V	-6	+6	
			V_{CC} = +3.3V	-8	+8	
			V_{CC} = +5V	-9	+9	
Thermocouple Conversion Constant		THERMOCOUPLE = +700°C to +1000°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-17	+17	µV/LSB
			V_{CC} = +5V	-19	+19	
Cold-Junction Compensation Error		T_A = -20°C to +85°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V V_{CC} = +5V	-3.0 -3.0	+3.0 +3.0	°C
Resolution				0.25		°C
Thermocouple Input Impedance				80		kΩ
Supply Voltage	V_{CC}			3.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}			0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V_{CC} rising		1	2	2.5
Power-On Reset Hysteresis					50	mV
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22	s
SERIAL INTERFACE						
Input Low Voltage	V_{IL}				0.3 x V_{CC}	V
Input High Voltage	V_{IH}				0.7 x V_{CC}	V
Input Leakage Current	I_{LEAK}	V_{IN} = GND or V_{CC}			±5	µA
Input Capacitance	C_{IN}				5	pF

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

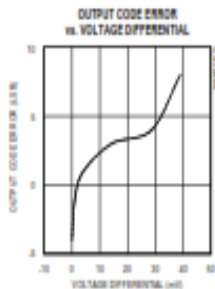
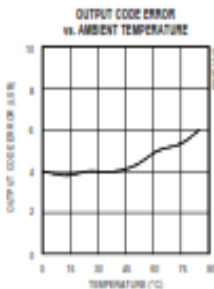
Electrical Characteristics (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V; T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V _{OH}	I _{SOURCE} = 1.6mA	V _{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{SINK} = 1.6mA		0.4		V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f _{SCL}			4.3		MHz
SCK Pulse High Width	t _{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t _{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t _{CSB}	C _L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t _{OV}	C _L = 10pF		100		ns
CSB Rise to Output Disable	t _{TR}	C _L = 10pF		100		ns
SCK Fall to Output Data Valid	t _{DO}	C _L = 10pF		100		ns

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.**Note 2:** Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V; T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force \overline{CS} low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing \overline{CS} low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing \overline{CS} high.

Force \overline{CS} low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T₊ must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1µF ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

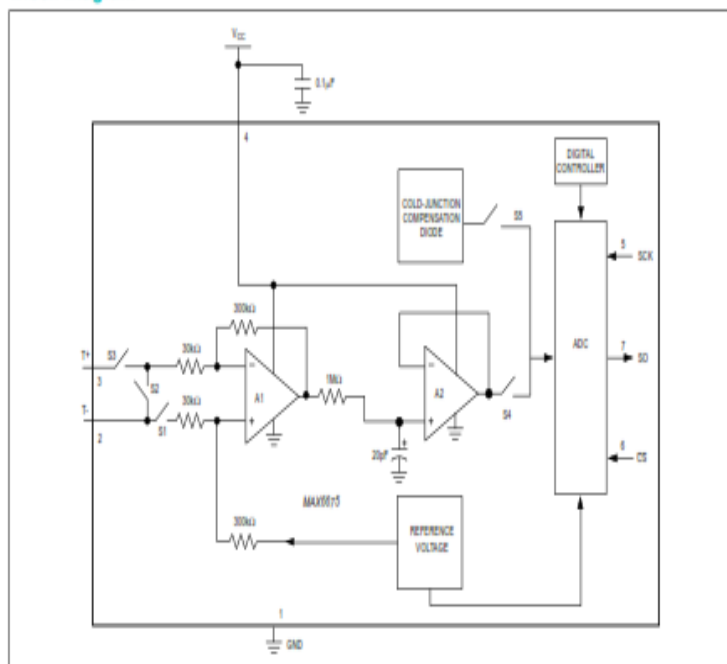
TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BICMOS

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Block Diagram



Package Information

For the latest package outline information and land patterns (footprints), go to www.maximintegrated.com/packages. Note that a "+", "#", or "-" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

PACKAGE TYPE	PACKAGE CODE	OUTLINE NO.	LAND PATTERN NO.
8 SO	S8+2	21-0041	90-0096

• Datasheet Atmega16

Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 16 Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 512 Bytes EEPROM
 - 1 Kbyte Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7V - 5.5V for ATmega16L
 - 4.5V - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega16L
 - 0 - 16 MHz for ATmega16
- Power Consumption @ 1 MHz, 3V, and 25°C for ATmega16L
 - Active: 1.1 mA
 - Idle Mode: 0.35 mA
 - Power-down Mode: < 1 µA

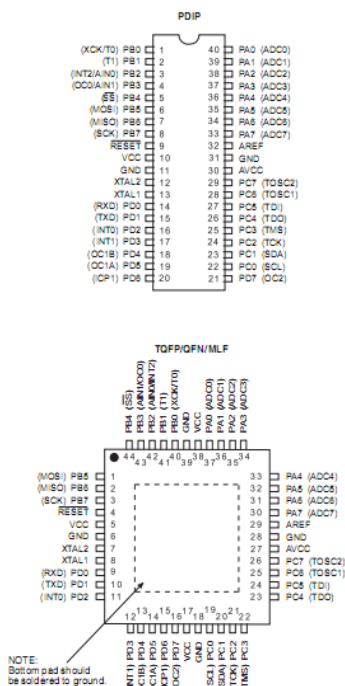


8-bit AVR®
Microcontroller
with 16K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega16
ATmega16L

Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega16



Disclaimer

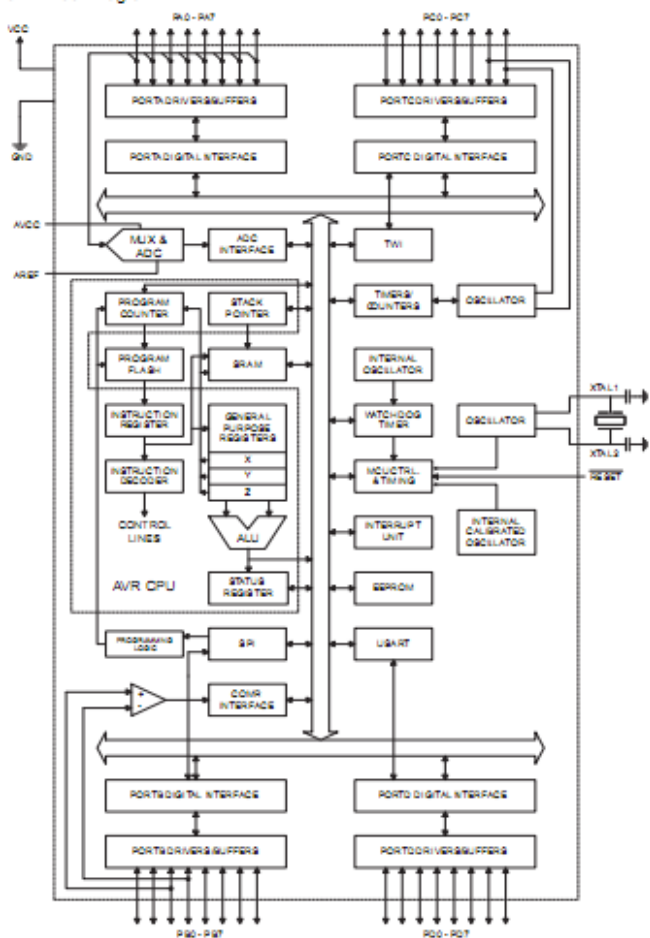
Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega16 provides the following features: 16 Kbytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 1 Kbyte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG Interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire Interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and Interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega16 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega16 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

Pin Descriptions

VCC Digital supply voltage.

GND Ground.

Port A (PA7..PA0) Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

ATmega16(L)

Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 58.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.</p> <p>Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega16 as listed on page 61.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 63.</p>
RESET	<p>Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 38. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
XTAL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V _{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V _{CC} through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.



PT. Siwali Swantika
 Artha Gading Niaga Blok C No. 20, J. Boulevard Artha Gading, Kelapa Gading, Jakarta 14240 - Indonesia
 Tel. +62-21-45850618 Fax. +62-21-45850619 Email: siwali@jctn.net.id Website: www.siwali.com



KAN
 Komite Akreditasi Nasional
 LABORATORIUM KALIBRASI
 LK 1103/06

SERTIFIKAT KALIBRASI
CALIBRATION CERTIFICATE
 No : 557 /SS/CAL-CERT/ 16

IDENTITAS ALAT
Instrument Details

Nama Alat Ukur : TP22 ThermoPalm
 Instrument Name
 Nomor Seri : 61660337
 Serial Number
 Merek Pabrik : Rotronic
 Manufacture
 Kondisi : Layak dikalibrasi
 Condition

IDENTITAS PEMILIK
Owner Identification

Nama Perusahaan : Lab. Teknik Instrumentasi - ITS
 Company Name
 Alamat : Jl Raya ITS, Keputih, Sukolilo, SBY
 Address

INFORMASI KALIBRASI
Calibration Information

Tanggal Penerimaan : 2 November 2016
 Receive Date
 Tanggal Kalibrasi : 14 November 2016
 Calibration Date
 Kalibrasi dilakukan pada suhu : (24 ± 2) °C
 Calibration is done at temperature
 Metode Kalibrasi : Perbandingan pengukuran dengan hasil ukur sensor PRT reference.
 Calibration Method

Alat ukur/sumber standar yang digunakan terelusur ke SI melalui KIM LIPI atau lembaga pengukuran nasional lainnya yang diakui.
 Standard used for calibration are traceable to SI through KIM LIPI or other recognized national measurement institutes.

Nomor Standar Asset Number	Keterangan Description	Tanggal Re-Kalibrasi Cal. due Date
2365	Hart Scientific 5626 PRT PL-100	12 May 2017
A82701	Hart Scientific 1529 THERMOMETER READOUT	9 November 2017

Sertifikat ini terdiri atas 2 Halaman
 This certificate comprises 2 Pages
 Diterbitkan tanggal 14 November 2016
 Date of issue



Yoyong Hhdhawan. ST
 Manajer Umum

Dilarang mengutip/memperbanyak dan/atau mempublikasikan sebagian isi sertifikat ini tanpa izin tertulis dari PT. Siwali Swantika
 This report may not be reproduced, except in full, without a written permission from PT. Siwali Swantika

Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. Siwali Swantika
 This certificate is valid only if it is already stamped by PT. Siwali Swantika

Page 1 Of 2

BIODATA



Tantowi Jauhari yang biasa dipanggil “ Gendon ” ini merupakan mahasiswa dari daerah Gresik. Penulis menempuh pendidikan formal di MI Ihyaul ulum Dukun Gresik, MTs Ihyaul ulum Dukun Gresik, Dan SMA Assa’adah Bunga Gresik. Pada tahun 2012 pernah berkuliah di PAPSI ITS. Pada tahun 2014 penulis mengikuti test ujian D3 ITS dan diterima pada jurusan D3 Metrologi dan Instrumentasi ini. Apabila ada pertanyaan mengenai

tugas akhir penulis dapat menghubungi 087753356544 atau email : Tantowi93@gmail.com